

DE030024

Rec'd PCT/PTO

13 JUL 2005



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

X2

PCT /IB03/6324

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03100075.5

REC'D . 15 JAN 2004

WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

BEST AVAILABLE COPY



Anmeldung Nr:
Application no.: 03100075.5 ✓
Demande no:

Anmeldestag:
Date of filing: 16.01.03 ✓
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Corporate Intellectual Property GmbH
Habsburgerallee 11
52064 Aachen
ALLEMAGNE
Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Verfahren zur Bestimmung der Position eines Objektes in einer Abbildung

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

G06T/

Am Anmeldestag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filling/Etats contractants désignés lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT SE SI SK TR LI

BESCHREIBUNG

Verfahren zur Bestimmung der Position eines Objektes in einer Abbildung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Position eines Objektes in einer Abbildung, Markierungsmittel für den Einsatz in einem derartigen Verfahren

- 5 sowie ein zur Durchführung des Verfahrens eingerichtetes Röntgensystem.

In vielen unterschiedlichen Anwendungsgebieten werden Bilder von Objekten erzeugt und anschließend in Hinblick auf bestimmte Fragestellungen analysiert. Bei solchen Analysen kommt es häufig darauf an, die Position mindestens eines Objektes oder einer

- 10 bestimmten Stelle eines Objektes auf der Abbildung lokalisieren zu können. Stellvertretend für derartige Problemstellungen sei nachfolgend das Beispiel der Aufnahme von medizinischen Röntgenabbildungen betrachtet. Um mit Hilfe von Röntgenabbildungen z.B. eine genaue Navigation eines Katheters ausführen zu können oder um verschiedene Bilder einer Sequenz mit hoher Genauigkeit (typischerweise im Submillimeterbereich) 15 einander zuordnen zu können, müssen der Untersuchungstisch und/oder Organe des Patienten möglichst präzise auf den Röntgenabbildungen lokalisiert werden können. Zwar kann diesbezüglich die Position des Untersuchungstisches relativ zur Röntgenapparatur im Prinzip durch Positionssensoren wie zum Beispiel Potentiometer erfasst werden. Diese haben jedoch in der Regel eine viel zu große Ungenauigkeit, um die 20 erforderliche pixelgenaue Lokalisierung des Tisches zu ermöglichen.

Zur genaueren Positionsbestimmung von Objekten in Röntgenabbildungen wird daher ein Verfahren eingesetzt, bei dem am Untersuchungstisch und/oder am Patienten röntgenabsorbierende Markierungselemente bekannter Größe, Form und

- 25 Absorptionseigenschaft angebracht werden, welche auf der Röntgenabbildung eindeutig wiedererkannt werden können. Nachteilig hierbei ist jedoch, dass die Markierungsmittel die eigentliche Darstellung des Körpers stören. In der Regel werden sie daher außerhalb des interessierenden Beobachtungsfeldes angebracht, was wiederum zu einer geringeren Präzision im wichtigsten Gebiet des Bildes sowie zu einer Vergrößerung des 30 strahlenbelasteten Bereiches führt.

Um die durch Markierungselemente verursachten Bildlücken zu verdecken, ist es aus der WO 00/00086 bekannt, in einer Nachbearbeitung des Röntgenbildes die Stellen der Markierungsmittel durch eine Interpolation des umgebenden Bildinhaltes aufzufüllen.

- 5 Dies kann jedoch nur für Markierungselemente geringer Größe gelingen und birgt zudem die Gefahr, an den Stellen der Markierungsmittel eine dort nicht vorhandene Bildinformation vorzutäuschen. Des Weiteren ist es aus der WO 00/00086 bekannt, bei semi-transparenten Markierungselementen die Absorption durch die Markierungselemente nachträglich herauszurechnen, um den durchscheinenden
- 10 Bildinhalt im Bereich der Markierungselemente ungeschwächt zur Geltung zu bringen. Ein gewisser Verlust an Bildinformation an Stellen schwacher Belichtung ist jedoch auch hierbei unvermeidlich.

Vor diesem Hintergrund war es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Mittel zur Bestimmung der Position eines Objektes in einer Abbildung bereitzustellen, welche ohne Beeinträchtigung der Abbildung eine präzise Lokalisierung des Objektes ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, durch Markierungsmittel mit den Merkmalen des Anspruchs 6 sowie durch ein Röntgensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient der Bestimmung der Position eines Objektes in einer Abbildung. Bei der Abbildung kann es sich insbesondere um eine Röntgenabbildung handeln, wobei das Verfahren hierauf jedoch nicht beschränkt ist und zum Beispiel auch durch Ultraschall, Magnetresonanz, Szintigrafie, Fotografie oder dergleichen erzeugte Abbildungen erfasst. Kennzeichnend für das Verfahren ist, dass an dem zu lokalisierenden Objekt ein (zusammenhängendes oder fragmentiertes) Muster aus Markierungselementen angebracht wird, wobei die Markierungselemente sich einzeln in der Abbildung nicht sichtbar abzeichnen. "Nicht sichtbar" bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Markierungselemente jeweils für sich betrachtet bei der Auswertung der Abbildung nicht detektierbar bzw. vom sonstigen Bildinhalt abgrenzbar

sind. Insbesondere können sie bei einer visuellen Auswertung der Abbildung durch einen menschlichen Betrachter nicht erkannt werden. Dies kann z.B. dadurch erreicht werden, dass die einzelnen Markierungselemente so klein sind, dass sie sich nur auf einen oder wenige Bildpunkte auswirken. Zusätzlich oder alternativ kann die von einem

5 Markierungsmittel an einer Stelle der Abbildung verursachte Differenz zu einer Abbildung ohne Markierungsmittel so gering sein, dass sie im Bereich des zugrundeliegenden Bildrauschens bleibt. Ein einzelnes Markierungselement ist daher nicht vom Hintergrundrauschen der Abbildung zu unterscheiden. Dies kann beispielsweise bei einer Röntgenabbildung durch Markierungsmittel mit sehr geringen

10 Absorptionskoeffizienten erreicht werden, welche das entstehende Röntgenbild kaum verändern.

Mit dem vorgeschlagenen Verfahren wird somit ein in der standardmäßigen Bildanalyse unsichtbares "Wasserzeichen" eingebracht, welches die normale Abbildung nicht stört

15 oder verschlechtert. Das "Wasserzeichen" kann sich daher an jeder beliebigen Stelle der Abbildung befinden, so dass insbesondere auch ein Objekt im interessierenden Bildzentrum der Abbildung markiert und lokalisiert werden kann.

Während das einzelne Markierungselement in der Abbildung nicht sichtbar und (ohne

20 Kenntnis des Musters) nicht sicher lokalisierbar ist, erlaubt das aus mehreren Markierungselementen bestehende, als bekannt vorausgesetzte Muster die gemeinsame Lokalisierung aller beziehungsweise mehrerer Markierungselemente mit Hilfe geeigneter Analyseverfahren. Gemäß einer bevorzugten Ausführung wird dabei die Position der Markierungselemente in der Abbildung durch eine Korrelation der Abbildung mit

25 mindestens einer sogenannten "Filterabbildung", die das (reine) Muster der Markierungselemente darstellt, ermittelt. Die Filterabbildung des Musters besitzt eine maximale Korrelation mit der zu untersuchenden Abbildung, wenn sie genau über dem in der Abbildung verborgenen Muster der Markierungselemente liegt. In anderen Lagen wird die Filterabbildung dagegen nur eine sehr viel geringere, zufallsbedingte

30 Korrelation zeigen. Durch das Korrelationsverfahren lässt sich somit aus derjenigen Relativlage zwischen der Abbildung und der Filterabbildung, die zu einer maximalen

Korrelation führt, die Lage der Markierungselemente und des zu lokalisierenden Objektes in der Abbildung ermitteln.

Vorzugsweise wird vor dem Korrelationsverfahren noch eine Bandpassfilterung im

- 5 Frequenzbereich des Musters vorgenommen, um die vom Muster unabhängigen Bildanteile weitestgehend zu entfernen.

Bei dem vorstehend beschriebenen Korrelationsverfahren kann die Filterabbildung des reinen Musters gegenüber dem realen Muster ("Originalmuster") der Markierungsele-

- 10 mente transformiert sein, muss dieses also nicht identisch wiedergeben. Bei bevorzugten Transformationen wird das Muster skaliert, das heißt proportional vergrößert oder verkleinert, gedreht und/oder verzerrt. Durch den Einsatz von Filterabbildungen, die gegenüber dem Originalmuster der Markierungselemente transformiert sind, kann entsprechenden Transformationen des Originalmusters bei der
- 15 Erzeugung der Abbildung Rechnung getragen werden. Zum Beispiel wird bei einer herkömmlichen Röntgenabbildung ein auf dem Untersuchungstisch parallel zur Bildsensorebene des Detektors angebrachtes Originalmuster an Markierungselementen aufgrund der Projektionsverhältnisse (leicht) vergrößert in der Abbildung dargestellt werden. Der Vergrößerungsfaktor hängt dabei von der Geometrie, insbesondere von den
- 20 Abständen zwischen Röntgenstrahlungsquelle, Markierungselementen und Bildsensorebene ab. In der Regel wird diese Geometrie a priori mit hinreichender Genauigkeit bekannt sein, so dass der zugehörige Skalierungsfaktor theoretisch berechnet und für die Erzeugung der Filterabbildung verwendet werden kann. Falls die Geometrie jedoch unbekannt ist oder sie überprüft werden soll, kann das oben erläuterte
- 25 Korrelationsverfahren mit Filterabbildungen verschiedener Skalierungsfaktoren durchgeführt werden. Die am besten passende Skalierung wird dabei den größten Wert der maximalen Korrelation zeigen, so dass auf diese Weise auch die Geometrie der Abbildungsanordnung bestimmt werden kann. Ähnliche Überlegungen gelten auch für die Ermittlung allgemeiner Transformationen wie z.B. Verzerrungen des
- 30 Originalmusters, die durch eine schräge oder beliebig gekrümmte Lage des Originalmusters gegenüber der Bildsensorebene entstanden sind. Auch diese Verzerrun-

gen lassen sich durch die Filterabbildung mit dem größten Wert der maximalen Korrelation erkennen.

Die Filterabbildung des Musters kann durch Berechnung aus der Kenntnis des

- 5 Originalmusters erzeugt werden. Ebenso ist es aber auch denkbar, die Filterabbildung empirisch durch eine separate Aufnahme der Markierungsmittel zu erzeugen, wobei möglichst wenig oder gar keine sonstigen Objekte im Bildbereich vorhanden sein sollten und die Abbildungsparameter so zu wählen sind, dass sich die Markierungselemente (ausnahmsweise) einzeln in dieser besonderen Abbildung lokalisieren lassen.

10

In einem bevorzugten Anwendungsfall des Verfahrens wird die Abbildung mittels einer Röntgendifurchleuchtung erzeugt, wobei die Markierungselemente eine so geringe Absorption der Röntgenstrahlung aufweisen, dass die Auswirkung dieser Absorption innerhalb des Rauschpegels der Röntgenabbildung liegt. Das einzelne Markierungselement kann daher weder visuell noch mit automatischen Analyseverfahren, die keine Kenntnis des Originalmusters haben, nachgewiesen werden. Die normale Abbildung wird durch die Markierungselemente daher nicht beeinträchtigt.

Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens wird die Position mindestens eines weiteren

- 20 Objektes in der Abbildung bestimmt, indem auf dem weiteren Objekt ein zweites Muster an Markierungselementen, die sich wie die Markierungselemente des ersten Musters in der Abbildung einzeln nicht sichtbar abzeichnen, angebracht wird. Das zweite Muster ist ferner unterschiedlich vom ersten Muster, so dass das erste und zweite Muster und somit auch die hierdurch markierten Objekte voneinander unterschieden 25 werden können. Im Prinzip kann auf diese Weise eine quasi beliebige Anzahl verschiedener Objekte lokalisiert werden, ohne dass sichtbare Störungen der normalen Abbildung auftreten. Ein typisches Anwendungsbeispiel ist die parallele Lokalisierung eines Untersuchungstisches und eines hierauf liegenden Patienten in einer Röntgenabbildung.

30

Die Erfindung betrifft ferner ein Markierungsmittel, das zur Anbringung an einem

Objekt vorgesehen ist, um dessen Position in einer Abbildung des Objektes (und ggf. weiterer Objekte) zu bestimmen. Das Markierungsmittel enthält in einem Muster angeordnete Markierungselemente, wobei die Markierungselemente selbst so ausgestaltet sind, dass sie sich einzeln in der Abbildung nicht sichtbar abzeichnen. Das

- 5 Markierungsmittel ist somit geeignet, in einem Verfahren der oben erläuterten Art eingesetzt zu werden. Die Vorteile und Variationsmöglichkeiten des Verfahrens sind daher für das Markierungsmittel entsprechend gegeben.

Die Markierungselemente sind vorzugsweise auf einem transparenten Träger wie z.B.

- 10 einer Folie aufgebracht, so dass das von ihnen gebildete Muster fixiert ist und das Markierungsmittel möglichst einfach gehandhabt werden kann. "Transparenz" des Trägers bedeutet dabei in einem verallgemeinerten Sinne, dass sich dieser auf der zu erzeugenden Abbildung nicht darstellt, also zum Beispiel bei einer Röntgenabbildung eine verschwindend geringe Absorption für Röntgenstrahlung aufweist.

- 15 Das von den Markierungselementen gebildete Muster kann grundsätzlich beliebig sein, sofern es aufgrund seiner Mustereigenschaft die spätere koordinierte Lokalisierung der Markierungselemente in einer Abbildung erlaubt. Das Muster kann prinzipiell auch durch eine zusammenhängende Fläche aus sich berührenden oder überlappenden

- 20 Markierungselementen gebildet werden. Vorzugsweise sind die Markierungselemente jedoch isoliert voneinander und über eine größere Fläche verteilt angeordnet, um störende Auswirkungen auf die Abbildung zu vermeiden und eine möglichst hohe Präzision der Lokalisierung sicherzustellen. Besonders bevorzugt ist es, wenn das Muster der Markierungselemente ein gutes Korrelationsverhalten in dem Sinne zeigt, 25 dass die Korrelation des Musters mit sich selbst nur bei genauem Übereinanderliegen hoch und ansonsten in allen verschobenen Lagen klein ist. Eine solches gutes Korrelationsverhalten besitzt insbesondere eine zweidimensionale Maximalfolge. Eine Maximalfolge ist eine binäre Folge (d.h. nur Werte 0 und 1 möglich) mit der Periode $2^r - 1$ mit $r \in \mathbb{N}$.

- 30 Die Erfindung betrifft ferner ein Röntgensystem, welches die folgenden Elemente

enthält:

- eine Röntgenstrahlungsquelle, welche Röntgenstrahlung vorzugsweise kegelförmig aussenden kann;
- 5 - einen Röntgendetektor, welcher im Strahlengang der Röntgenstrahlungsquelle angeordnet ist und Bildsensoren aufweist, um die einfallende Strahlendosis zu messen;
- 10 - mindestens ein Markierungsmittel zur Anbringung an einem zwischen der Röntgenstrahlungsquelle und dem Röntgendetektor befindlichen Objekt, um dessen Position in einer Röntgenabbildung zu bestimmen, wobei das Markierungsmittel in einem Muster angeordnete Markierungselemente enthält, welche sich in der Röntgenabbildung einzeln nicht sichtbar abzeichnen;
- 15 - eine Datenverarbeitungseinheit zur Berechnung der Position des Markierungsmittels in einer mit dem Röntgensystem erzeugten Abbildung.

Mit einem derartigen Röntgensystem lässt sich für den Spezialfall einer Röntgenabbildung das oben erläuterte Verfahren durchführen. Daher können auch die Vorteile dieses Verfahrens erzielt werden, das heißt eine sehr genaue Positionsbestimmung von Objekten in einer Röntgenabbildung ohne sichtbare Beeinträchtigung der Röntgenabbildung durch Markierungselemente.

25 Vorzugsweise ist das Röntgensystem so ausgestaltet, dass es eine oder mehrere der Varianten des Verfahrens ausführen kann. So kann die Datenverarbeitungseinheit dazu eingerichtet sein, eine Korrelation zwischen der Röntgenabbildung und mindestens einer Filterabbildung des Musters der Markierungselemente zu berechnen, wobei die Filterabbildung gegenüber dem Originalmuster der Markierungselemente transformiert
30 sein kann. Die Markierungselemente können des Weiteren eine so geringe Absorption für Röntgenstrahlung aufweisen, dass ihre Auswirkung innerhalb des Rauschpegels der

Röntgenabbildung liegt. Ferner kann das Röntgensystem mindestens zwei Markierungs-
mittel enthalten, die auf verschiedenen Objekten im Strahlengang der
Röntgenstrahlungsquelle angebracht werden können und verschiedene Muster an
Markierungselementen enthalten.

5

Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der Figuren beispielhaft erläutert. Es zeigt:

- Fig. 1 ein zur Durchführung der Erfindung eingerichtetes Röntgensystem;
10 Fig. 2 das Prinzip der Positionsbestimmung eines Objektes in einer mit dem
Röntgensystem von Figur 1 erzeugten Röntgenabbildung.

Bei den in Figur 1 schematisch dargestellten wesentlichen Komponenten eines
Röntgensystems handelt es sich zunächst um eine Röntgenstrahlungsquelle 1,
15 gegenüber der ein Röntgendetektor 3 mit einer Detektorfläche aus Bildsensoren (nicht
dargestellt) angeordnet ist. Röntgenstrahlungsquelle 1 und Röntgendetektor 3 sind in
der Regel in einer festen relativen Geometrie zum Beispiel an einem C-Arm angeordnet
(nicht dargestellt). Des Weiteren ist eine Datenverarbeitungseinheit 2 erkennbar, die mit
der Röntgenstrahlungsquelle 1 und dem Röntgendetektor 3 gekoppelt ist, um diese
20 anzusteuern und um vom Röntgendetektor 3 aufgenommene Röntgenabbildungen I
entgegenzunehmen und weiterzuverarbeiten. In der Regel ist die Datenverarbeitungs-
einheit 2 mit Ausgabeeinrichtungen wie beispielsweise einem Monitor gekoppelt, um
die Röntgenabbildung für einen Benutzer darzustellen. Ferner umfasst das Röntgen-
system noch einen Untersuchungstisch 4, auf der ein zu röntgender Patient (nicht
25 dargestellt) liegen kann.

Wenn mit dem Röntgensystem beispielsweise eine Katheteruntersuchung
fluoroskopisch beobachtet werden soll, müssen zu verschiedenen Zeiten angefertigte
Röntgenabbildungen möglichst genau einander zugeordnet werden. Dazu müssen
30 ausgezeichnete Objekte wie etwa der Untersuchungstisch 4 oder Punkte am Körper des
Patienten mit hoher Genauigkeit auf den verschiedenen Röntgenabbildungen lokalisiert

werden können.

Ähnliche Anforderungen gelten auch bei computertomografischen Röntgenabbildungen, bei denen die Röntgenstrahlungsquelle 1 und der Röntgendetektor 3 schraubenlinienförmig um den Patienten rotieren. Um dabei die beabsichtigte dreidimensionale Rekonstruktion des abgebildeten Körpervolumens ausführen zu können, müssen die aus verschiedenen Richtungen aufgenommenen Röntgenabbildungen pixelgenau einander zugeordnet werden können. Die Messgenauigkeit der Sensoren an den Trägern von Röntgenstrahlungsquelle 1 und Röntgendetektor 3 beziehungsweise am Untersuchungstisch 4 reicht dazu in aller Regel nicht aus. Aus diesem Grunde ist es wichtig, auf den aufgenommenen Bildern selbst mit hoher Präzision ausgezeichnete Punkte identifizieren zu können.

Um die oben dargelegten Anforderungen erfüllen zu können, wird erfindungsgemäß der Einsatz eines speziellen Markierungsmittels 5 vorgeschlagen. Das Markierungsmittel 5 besteht bei dem Beispiel von Figur 1 aus einer (nahezu) röntgentransparenten (Metall-)Folie, welche ein Muster aus "punktformigen" Markierungselementen 6 trägt, die in Figur 1 stark vergrößert dargestellt sind. Die Markierungselemente 6 bestehen vorzugsweise aus einem sehr röntgendichten Material wie etwa Kupfer oder Gold mit einer geringen Schichtdicke. Die Markierungselemente 6 sind daher absolut gesehen nur sehr schwach absorbierend und mechanisch flexibel. Ferner weisen sie eine möglichst geringe Größe auf, die vorzugsweise so gewählt ist, dass ein Markierungselement 6 etwa die Fläche eines Bildsensors im Röntgendetektor 3 abdeckt. Typischerweise haben die Markierungselemente 6 daher einen Durchmesser im Bereich von ca. 100 µm bis 1000 µm, besonders bevorzugt einen Durchmesser von ca. 150 µm.

Für die Herstellung des Markierungsmittels 5 kommen unterschiedliche Verfahren in Betracht. Z.B. kann zunächst eine Cu Schicht auf röntgendünнем Material wie etwa einem Polymethacrylat ("Plexiglas ®") aufgebracht werden. Anschließend kann dann mit lithografischen Verfahren, durch thermischen Abtrag (Laser etc.) oder dergleichen das gewünschte Muster der Markierungselemente in der Cu Schicht ausgebildet werden.

Weiterhin können gewünschte Muster auch durch Stanzen oder Bohren aus einem Träger, durch Abscheidung von Stoffen aus der Gasphase auf einem Träger oder durch eine Vielzahl anderer Methoden erzeugt werden.

- 5 Aufgrund der Form, Größe, Dicke und Materialwahl der Markierungselemente 6 ist die Schwächung der Röntgenstrahlung so gering, dass sie selbst unter ungünstigsten Bedingungen vom Systemrauschen verdeckt wird. Die Markierungselemente 6 stellen sich somit auf einer Röntgenabbildung I nicht sichtbar dar.
- 10 Wie nachfolgend mit Hilfe von Figur 2 beschrieben wird, können die Markierungselemente jedoch mit Hilfe geeigneter und auf der Kenntnis des Musters aufbauender Verfahren in einer Röntgenabbildung lokalisiert werden. Ein derartiges Verfahren geht von einer Röntgenabbildung I aus, welche mit dem Röntgensystem von Figur 1 gewonnen wurde und welche das verborgene Muster an Markierungselementen als
- 15 "Wasserzeichen" enthält. Ferner ist in der Datenverarbeitungseinheit 2, welche das Verfahren ausführt, eine Filterabbildung M gespeichert, die das reine Originalmuster der Markierungselemente 6 (das heißt ohne sonstige Objekte) widerspiegelt. Die Filterabbildung M kann dabei das Originalmuster der Markierungselemente 6 identisch darstellen, sie kann es jedoch auch skaliert (vergrößert oder verkleinert), gedreht oder
- 20 verzerrt enthalten, falls entsprechende Transformationen des Originalmusters in der Röntgenabbildung I zu erwarten sind. Insbesondere kann die Filterabbildung M das Originalmuster in einer Vergrößerung darstellen, die sich aus der zugrundeliegenden Abbildungsgeometrie des Röntgensystems ergibt.
- 25 Vorzugsweise wird das Muster aus der Familie der zweidimensionalen zyklischen binären Maximalfolgen ausgewählt (vgl. K.D. Lüke, Korrelationssignale, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 1992, Kap. 3.4), wobei die Periode der Folge in jeder Richtung halb so groß ist wie die entsprechende Detektorgröße in dieser Richtung und wobei eine "1" der Folge das Vorhandensein und eine "0" der Folge die Abwesenheit eines Markierungselementes bedeutet. Eine (eindimensionale) Maximalfolge I_n ($n \in N$) ist eine
- 30 binäre Folge mit der Periode $2^r - 1$ mit $r \in N$. Eine "zweidimensionale Maximalfolge"

- $I_{n,m}$ ($n, m \in N$) ist dadurch definiert, dass für jedes feste $n_0 \in N$ die eindimensionale Folge $I_{n_0,m}$ ($m \in N$) eine eindimensionale Maximalfolge und umgekehrt auch für jedes feste $m_0 \in N$ die eindimensionale Folge I_{n,m_0} ($n \in N$) eine eindimensionale Maximalfolge ist. Aus Maximalfolgen gebildete Muster weisen ein besonders gutes Korrelationsverhalten auf, d.h. die Korrelation des Musters mit seiner Kopie ist bei identischer Lage der Kopie hoch, während sie in allen gegeneinander verschobenen Lagen von Muster und Kopie deutlich niedriger ist und z.B. um einen niedrigen Durchschnittswert schwankt.
- 5 10 Selbstverständlich sind neben den Maximalfolgen auch andere aus der einschlägigen Literatur bekannte Folgen mit gutem Korrelationsverhalten für die Musterbildung besonders geeignet. Die zur Musterbildung verwendeten Folgen müssen dabei nicht unbedingt binär sein. Z.B. können drei-, vier-, fünf- oder höherwertige Folgen durch Markierungselemente verschiedener "Stärke" (d.h. Absorptionsgrades) nachgebildet werden. Technisch können derartige Markierungsmittel z.B. durch örtlich unterschiedlich häufige bzw. dicke Beschichtung eines Trägers mit einem Metall (Cu, Au etc.) realisiert werden.
- 15

- Um die Lage des Originalmusters der Markierungselemente in der Röntgenabbildung I zu lokalisieren, wird die Röntgenabbildung I Punkt für Punkt mit der Filterabbildung M korreliert. Für matrixförmig aus Pixeln aufgebaute Abbildungen kann diese Operation wie folgt mathematisch ausgedrückt werden:

$$P(x, y) = \sum_{x', y'} I(x', y') \cdot M(x' - x, y' - y) \quad \forall x, y$$

- 25 wobei $I(x, y)$, $M(x, y)$ und $P(x, y)$ die Bildpunktwerte der Röntgenabbildung I, der Filterabbildung M und des berechneten Produktbildes P im Bildpunkt (x, y) bezeichnen.

Die Korrelation zwischen der Filterabbildung M und der Röntgenabbildung I ergibt in

jedem Punkt (x, y) der Röntgenabbildung I einen nahezu gleichen (Durchschnitts-)Wert. Eine wichtige Ausnahme hiervon bildet jedoch der Punkt $C = (x_c, y_c)$, bei dem während der Korrelationsoperation die Filterabbildung M gerade so über dem Röntgenbild I liegt, dass sie sich mit dem verborgenen Muster der Markierungselemente 6 deckt. In Bezug
5 auf obige Formel bedeutet dies, dass ein Punkt (x', y') des Röntgenbildes I genau dann zu einem Markierungselement 6 gehört, wenn $(x'-x_c, y'-y_c)$ zu demselben Markierungselement in der Filterabbildung M gehört. Bei einer solchen Lage der Filterabbildung M entsteht somit eine maximale Korrelation zwischen dem Originalmuster und dem
Muster der Filterabbildung M, was zu einem maximalen Wert der Korrelationssumme
10 $P(x_c, y_c)$ führt. In der Abbildung P ist dieser Punkt, welcher dem Zentrum C des Musters entspricht, somit deutlich nachweisbar. Über die Lage dieses Punktes C kann daher auch die Position der Markierungselemente in der Röntgenabbildung I festgestellt werden, wodurch sich wiederum die Position eines mit den Markierungselementen fest verbundenen Objektes wie zum Beispiel des Untersuchungstisches 4 identifizieren lässt.
15 Gemäß Figur 2 kann das lokalisierte Objekt sodann in einer neuen Röntgenabbildung I^* hervorgehoben dargestellt werden.

Des Weiteren kann die bekannte Lage des Musters der Markierungselemente 6 in der Röntgenabbildung I auch dazu ausgenutzt werden, die bekannte (schwache) Absorption
20 der Markierungselemente 6 herauszurechnen, um jegliche Bildveränderung durch die Markierungselemente 6 zu minimieren.

Gemäß einer Variante des obigen Verfahrens wird vor und/oder nach der Korrelation noch eine Hochpassfilterung ausgeführt. Hierdurch lassen sich langsam variierende
25 Bildanteile, die aus der Abbildung der eigentlichen Objekte herrühren und die Positionsbestimmung des Originalmusters stören können, entfernen.

Im Prinzip kann für das Verfahren jedes beliebige (Original-)Muster an Markierungselementen 6 verwendet werden. Insbesondere kann ein Muster dabei auch Informationen
30 wie Schrift und/oder Abbildungen (zum Beispiel ein Firmenlogo) enthalten. Diese Infor-

mationen können im einfachsten Falle direkt (geometrisch) im Muster abgebildet sein. Vorzugsweise werden sie jedoch implizit derart im Muster implementiert, dass sie erst bei der Nachbearbeitung erkennbar werden. Z.B. kann ein Muster aus der mehrfachen Überlagerung einer jeweils verschobenen zweidimensionalen Maximalfolge M

5 zusammengesetzt werden. Bei der anschließenden Korrelation dieses zusammenge-
setzten Musters mit der zweidimensionalen Maximalfolge als Filterabbildung M wird
immer dann ein deutlicher Punkt erzeugt, wenn die Filterabbildung M genau über einer
im Muster enthaltenen Maximalfolge liegt. Bei entsprechender Konstruktion des
Musters lässt sich daher aus den so erzeugten Punkten quasi jedes gewünschte Bild
10 zusammensetzen.

In vielen Anwendungen ist es erforderlich, zusätzlich oder alternativ zu der in Figur 1 dargestellten Positionsbestimmung des Untersuchungstisches 4 eine unabhängige Bewegung des Patienten zu überwachen. In diesem Falle wird ein Markierungsmittel in

15 Form einer Folie mit ähnlichen Markierungselementen wie bei dem Markierungs-
mittel 5 des Tisches bereitgestellt und am Rücken des Patienten befestigt. Vorzugsweise weisen die verschiedenen Markierungsmittel dabei unterschiedliche Muster auf.
Insbesondere können die zweidimensionalen Maximumfolgen der verschiedenen
Markierungsmittel aus einer Familie an orthogonalen Codes ausgewählt werden, so dass
20 die Ergebnisse einer wechselseitigen Korrelation nicht miteinander interferieren.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Bestimmung der Position eines Objektes (4) in einer Abbildung (I), wobei an dem Objekt (4) ein Muster aus Markierungselementen (6) angebracht wird, die sich in der Abbildung (I) einzeln nicht sichtbar abzeichnen.

5 2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Position der Markierungselemente (6) in der Abbildung (I) durch eine Korrelation der Abbildung (I) mit mindestens einer Filterabbildung (M) des Musters der Markierungselemente ermittelt wird.

10

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Filterabbildung (M) des Musters gegenüber dem realen Muster der Markierungselemente transformiert ist.

15

4. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Abbildung (I) mittels einer Röntgendifurchleuchtung erzeugt wird, und dass die Markierungselemente (6) eine geringe Absorption der Röntgenstrahlung aufweisen,

20 deren Auswirkung innerhalb des Rauschpegels der Röntgenabbildung liegt.

5. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Position mindestens eines weiteren Objektes in der Abbildung (I) bestimmt wird, wobei auf dem weiteren Objekt ein zweites Muster an Markierungselementen, die

- 5 sich einzeln in der Abbildung nicht sichtbar abzeichnen, angebracht wird, und wobei das zweite Muster unterschiedlich vom ersten Muster ist.

6. Markierungsmittel (5) zur Anbringung an einem Objekt (4), um dessen Position in einer Abbildung (I) zu bestimmen, wobei das Markierungsmittel (5) in einem Muster

- 10 angeordnete Markierungselemente (6) enthält, welche sich einzeln in der Abbildung (I) nicht sichtbar abzeichnen.

7. Markierungsmittel nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

- 15 dass die Markierungselemente (6) auf einem transparenten Träger angebracht sind.

8. Markierungsmittel nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Muster der Markierungselemente (6) eine zweidimensionale Maximalfolge ist.

- 20 9. Röntgensystem, enthaltend

- eine Röntgenstrahlungsquelle (1);
- einen Röntgendetektor (3), welcher im Strahlengang der Röntgenstrahlungsquelle (1) angeordnet ist;

- 25 - mindestens ein Markierungsmittel (5) zur Anbringung an einem zwischen Röntgenstrahlungsquelle (1) und Röntgendetektor (3) befindlichen Objekt (4), um dessen Position in einer Röntgenabbildung (I) zu bestimmen, wobei das Markierungsmittel (5) in einem Muster angeordnete Markierungselemente (6) enthält, welche sich einzeln in der Röntgenabbildung (I) nicht sichtbar

- 30 abzeichnen;

- eine Datenverarbeitungseinheit (2) zur Berechnung der Position des

Markierungsmittels (6) in einer mit dem Röntgensystem erzeugten Röntgenabbildung (I).

10. Röntgensystem nach Anspruch 9,
5 dadurch gekennzeichnet,
dass es zur Durchführung eines Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5 eingerichtet ist.

ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren zur Bestimmung der Position eines Objektes in einer Abbildung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Position eines Objektes in einer (Röntgen-)Abbildung (I). Auf dem Objekt wird ein Muster an Markierungselementen angebracht, wobei die Markierungselemente sich einzeln in der Abbildung (I) nicht sichtbar abzeichnen, d.h. ein unsichtbares "Wasserzeichen" bilden. Durch eine Korrelation zwischen der Abbildung (I) und einer Filterabbildung (M) des Musters der Markierungselemente kann jedoch die Lage der Markierungselemente und damit des Objektes in der Abbildung (I) lokalisiert werden.

10

Fig. 2

15

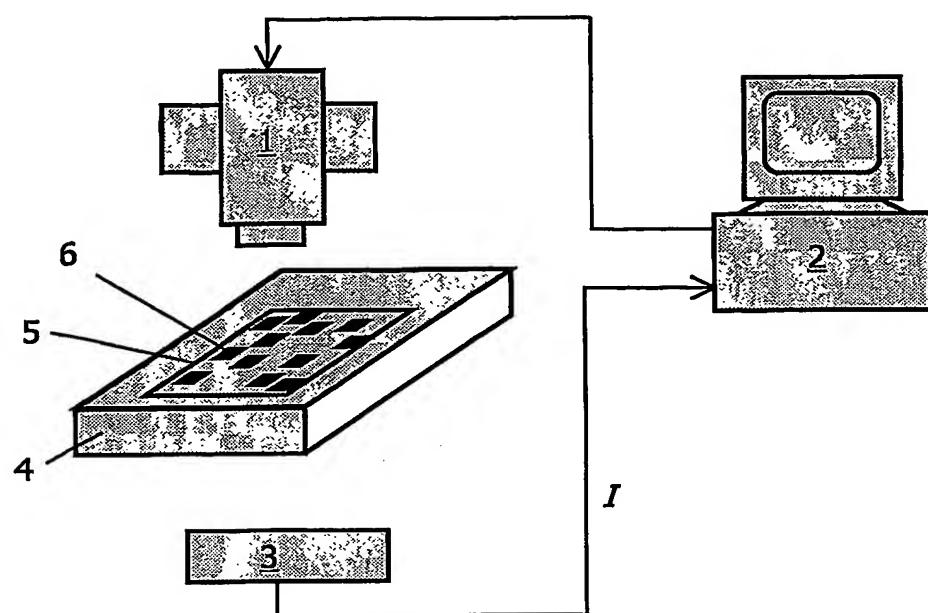


Fig. 1

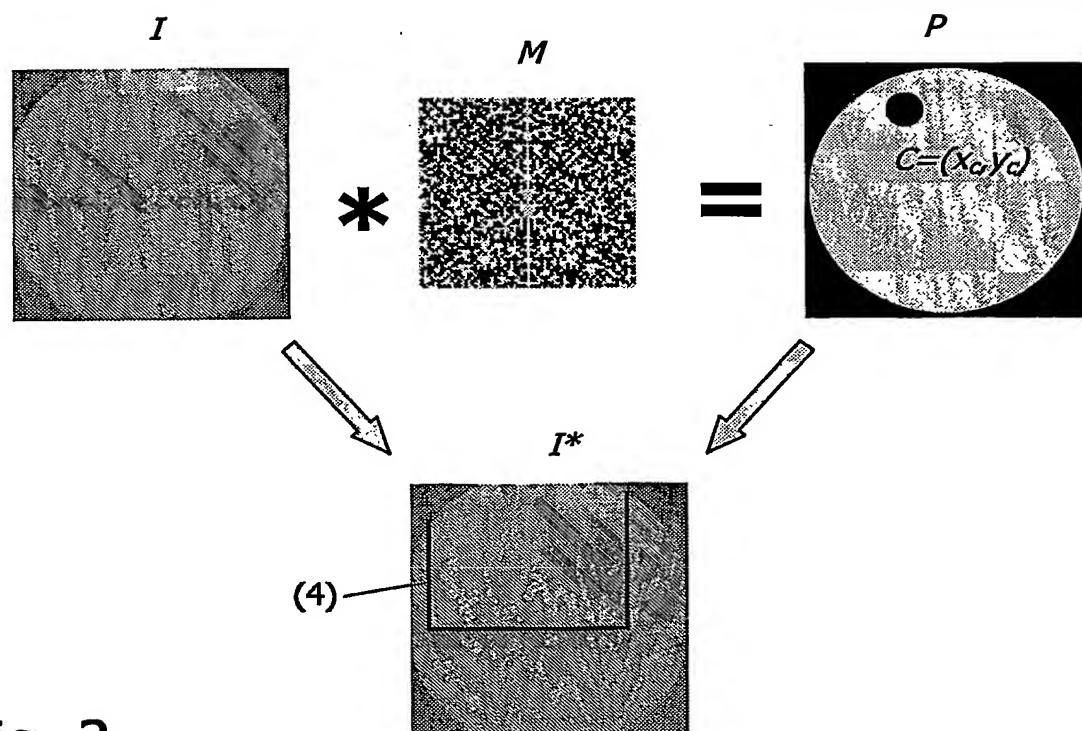


Fig. 2

REC'D 13 JAN 2004

WIPO PCT RO/IB



HERR BEER
0241-535267
PHILLIPS INDUSTRIE-SPEDITION GMBH
52068 AACHEN
GERMANY

SHIP TO:

El uso del UF
de documen
Utilisation c
de documen

HERR BEER
0241-535267
PHILLIPS INDUSTRIE-SPEDITION GMBH
52068 AACHEN
GERMANY

SHIP TO:

THE INTERNATIONAL BUREAU OF WIPO
PCT RECEIVING OFFICE SECTION
34, CHEMIN DES COLOMBETTES
1211 GENEVA 20
SWITZERLAND

ENV 1 OF 1
SHPK# 67A4 20FS SM7
DATE: 12 JAN 2004

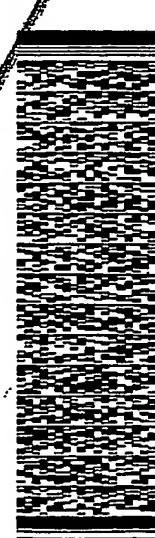
amento.

Zweitaufkleber - Bitte auf dem Paket anbringen

TR#: 12 67A 420 66 4002 9629 SHPK# 67A4 20FS SM7

COMMERCIAL
& STANDARDS

SECURITY INDEXED



CHE 518 9-00

WIPO

IN

5

AT

100% TRACABLE

1

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

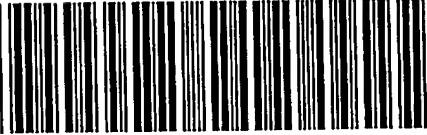
0

1

2

PCT Application

IB0306324



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.